

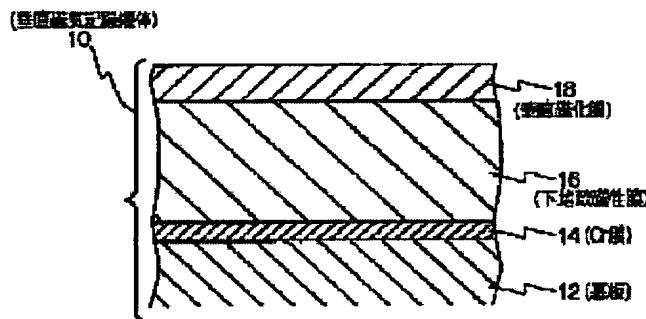
PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND ITS PRODUCTION

Patent number: JP11185237
Publication date: 1999-07-09
Inventor: NORIHASHI HIROTAKA; TSUBOI SHINZO
Applicant: NEC CORP
Classification:
- **international:** G11B5/66; G11B5/85
- **european:**
Application number: JP19970349810 19971218
Priority number(s):

Abstract of JP11185237

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease medium noises and to improve the dependence of reproduction output voltage on a recording density.

SOLUTION: This recording medium is constituted by forming a Cr film 14, a ground surface soft magnetic film 16 and a perpendicularly magnetized film 18 in this order on a substrate 12. This ground surface soft magnetic film 16 is, for example, an FeSiAl film. This perpendicularly magnetized film 18 is, for example, a CoCrTa film. The surface smoothness of the ground surface soft magnetic film 16 and the surface smoothness and perpendicular orientability of the perpendicularly magnetized film 18 are improved by the effect of the Cr film 14. The improvement in the perpendicular orientability of the perpendicularly magnetized film 18 leads to a decrease of initial layers, by which the medium noises are decreased and the dependence of the reproducing output voltage on the recording density is improved. The improvement in the surface smoothness of the perpendicularly magnetized film 18 leads to an improvement in the sliding characteristic of a recording and reproducing head, by which the medium noises are decreased as well.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-185237

(43)公開日 平成11年(1999)7月9日

(51)Int.Cl*

G 11 B 5/66
5/85

識別記号

F I

G 11 B 5/66
5/85

Z

審査請求有 請求項の数15 OL (全8頁)

(21)出願番号

特願平9-349810

(22)出願日

平成9年(1997)12月18日

特許法第30条第1項適用申請有り 1997年10月20日~10月23日 開催の「Proceedings of THE FOURTH PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING CONFERENCE PMRC'97」において文書をもって発表

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 法橋 宏高

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 坪井 康三

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 弁理士 高橋 勇

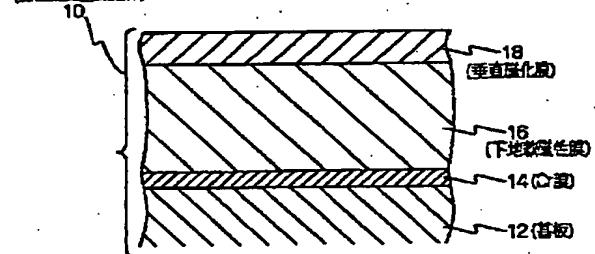
(54)【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 媒体ノイズの低下及び再生出力電圧の記録密度依存性の向上を図る。

【解決手段】 本発明の垂直磁気記録媒体10は、基板12上に、Cr膜14、下地軟磁性膜16、垂直磁化膜18がこの順に形成されたものである。下地軟磁性膜16は、例えばFeSiAl膜である。垂直磁化膜18は、例えばCoCrTa膜である。Cr膜14の作用によって、下地軟磁性膜16の表面平滑性、垂直磁化膜18の表面平滑性及び垂直配向性が向上すると、初期層が減少することにより媒体ノイズが低下するとともに、再生出力電圧の記録密度依存性が向上する。また、垂直磁化膜18の表面平滑性が向上すると、記録再生ヘッドの摺動性も向上するので、これによっても媒体ノイズが低下する。

(垂直磁気記録媒体)



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 下地軟磁性膜と垂直磁化膜とがこの順に基板上に形成された垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記下地軟磁性膜との間にCr膜が挿入されたことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項2】 前記下地軟磁性膜がFeSiAl膜である、請求項1記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項3】 前記垂直磁化膜がCoCrTa膜である、請求項2記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項4】 前記下地軟磁性膜と前記垂直磁化膜との間にTi膜又は非磁性CoCr膜が挿入された、請求項3記載の垂直磁気記録媒体。 10

【請求項5】 前記下地軟磁性膜表面の中心線平均粗さが2nm以下である、請求項1、2、3又は4記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項6】 前記下地軟磁性膜表面の中心線平均粗さが0.9nm以下である、請求項1、2、3又は4記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項7】 前記下地軟磁性膜表面の中心線平均粗さが0.5nm以下である、請求項1、2、3又は4記載の垂直磁気記録媒体。 20

【請求項8】 前記下地軟磁性膜が20mTorr未満のガス圧でスパッタ成膜されたものである請求項1、2、3、4、5、6又は7記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項9】 前記下地軟磁性膜が4mTorr以下のガス圧でスパッタ成膜されたものである請求項1、2、3、4、5、6又は7記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項10】 前記ガスの種類がアルゴンである、請求項8又は9記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項11】 前記垂直磁化膜の膜厚が20nmをこえ150nm以下である、請求項1、2、3、4、5、6又は7記載の垂直磁気記録媒体。 30

【請求項12】 前記垂直磁化膜の膜厚が50nm以上かつ150nm以下である、請求項1、2、3、4、5、6又は7記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項13】 20mTorr未満のガス圧で前記下地軟磁性膜を前記基板上にスパッタ成膜し、続いて、この下地軟磁性膜上に前記垂直磁化膜を成膜する、請求項8記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【請求項14】 4mTorr以下のガス圧で前記下地軟磁性膜を前記基板上にスパッタ成膜し、続いて、この下地軟磁性膜上に前記垂直磁化膜を成膜する、請求項9記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。 40

【請求項15】 前記ガスの種類がアルゴンである、請求項13又は14記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気テープや磁気ディスク等として用いられる垂直磁気記録媒体及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、パソコンコンピュータやワークステーションの進歩に伴うハードディスクドライブの大容量化及び小型化により、磁気ディスクはさらなる高面記録密度化が必要とされている。しかし、現在広く普及している長手記録方式では、高記録密度を実現しようとすると、記録ピットの微細化に伴う記録退化の熱搖らぎの問題や、記録ヘッドの記録能力を超えない高保磁力化の問題が発生する。そこで、これらの問題を解決しつつ、面記録密度を大幅に向かう手段として、垂直磁気記録方式が検討されている。これを実現する垂直磁気記録媒体として、高透磁率の下地軟磁性膜と高い垂直異方性の垂直磁化膜とからなる、いわゆる垂直二層媒体が有望視されている。

【0003】図14は、このような従来の垂直磁気記録媒体を示す概略断面図である。

【0004】この垂直磁気記録媒体50は、基板52上に、下地軟磁性膜56及び垂直磁化膜58がこの順に形成されたものである。例えば、下地軟磁性膜56としてはNiFe膜、垂直磁化膜58としてはCoCr系合金膜が用いられる。しかし、NiFeからなる下地軟磁性膜56とCoCrからなる垂直磁化膜58とを形成したときに、垂直磁化膜58の結晶配向度が低下する。そこで、これを防ぐために、下地軟磁性膜56としてセンダスト膜(FeSiAl合金)を用いたものが報告されている(特開昭57-36435号公報)。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の垂直磁気記録媒体では、媒体ノイズの低下及び再生出力電圧の記録密度依存性の向上に限界があった。

【0006】

【発明の目的】そこで、本発明の目的は、媒体ノイズを更に低下できるとともに、再生出力電圧の記録密度依存性を更に向上できる垂直磁気記録媒体及びその製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者は、従来の垂直磁気記録媒体において媒体ノイズの低下及び再生出力電圧の記録密度依存性の向上を妨げている理由について、実験及び考察を重ねることによって次の知見を得た。すなわち、下地軟磁性膜の表面平滑性が悪いことにより、その上に成膜される垂直磁化膜の垂直配向性が悪くなる。そのため、初期層(結晶が垂直に配向していない領域)の膜厚が増大するとともに垂直磁化膜の表面平滑性も悪くなるので、媒体ノイズが低下しないのである。また、垂直磁化膜の垂直配向性が悪くなるので、再生出力電圧の記録密度依存性が向上しないのである。本発明は、これらの知見に基づきなされたものである。

【0008】本発明に係る垂直磁気記録媒体及びその製

造方法は、下地軟磁性膜と垂直磁化膜とがこの順に基板上に形成された垂直磁気記録媒体において、基板と下地軟磁性膜との間にCr膜が挿入されたことを特徴とするものである。Cr膜は、表面平滑性に極めて優れている。そのため、Cr膜上に積層される下地軟磁性膜も、Cr膜の表面平滑性を反映して、表面平滑性に極めて優れたものとなる。したがって、下地軟磁性膜の滑らかな表面上に積層される垂直磁化膜は、垂直配向性及び表面平滑性が向上する。垂直磁化膜の垂直配向性が向上すると、初期層が減少することにより媒体ノイズが低下するとともに、再生出力電圧の記録密度依存性が向上する。また、垂直磁化膜の表面平滑性が向上すると、記録再生ヘッドの摺動性も向上するので、これによっても媒体ノイズが低下する。

【0009】本発明において、例えば、下地軟磁性膜はFeSiAl膜であり、垂直磁化膜はCoCrTa膜である。また、下地軟磁性膜表面の中心線平均粗さは、好ましくは2nm以下、より好ましくは0.9nm以下、最も好ましくは0.5nm以下である。このような表面平滑性は、好ましくは20mTorr未満、より好ましくは4mTorr以下のガス圧で、スパッタ成膜することにより得られる。このときに使用されるガスは、例えばアルゴンである。

【0010】また、本発明において、垂直磁化膜の膜厚は、好ましくは20nmをこえ150nm以下、より好ましくは50nm以上かつ150nm以下である。これらの範囲において、媒体ノイズがより低減する。

【0011】更に、本発明において、下地軟磁性膜と垂直磁化膜との間にTi膜又は非磁性CoCr膜を挿入してもよい。この場合は、垂直磁化膜の垂直配向性がより向上する。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る垂直磁気記録媒体の第一実施形態を示す概略断面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0013】本実施形態の垂直磁気記録媒体10は、基板12上に、Cr膜14、下地軟磁性膜16、垂直磁化膜18がこの順に形成されたものである。下地軟磁性膜16は、例えばFeSiAl膜である。垂直磁化膜18は、例えばCoCrTa膜である。Cr膜14の作用によって、下地軟磁性膜16の表面平滑性、垂直磁化膜18の表面平滑性及び垂直配向性が向上する。

【0014】図2は、本発明に係る垂直磁気記録媒体の第二実施形態を示す概略断面図である。以下、この図面に基づき説明する。ただし、図1と同一部分は同一符号を付すことにより重複説明を省略する。

【0015】本実施形態の垂直磁気記録媒体20は、下地軟磁性膜16と垂直磁化膜18との間にTi膜又は非磁性CoCr膜22が挿入されたものである。Ti膜又は非磁性CoCr膜22の作用によって、垂直磁化膜18

の垂直配向性がより向上する。

【0016】

【実施例】以下、本発明の第一実施形態(図1)についての実施例を説明する。

【0017】Cr膜14、下地軟磁性膜16及び垂直磁化膜18は、Arを使用して直流マグネトロンスパッタ装置によって成膜した。まず、Cr膜14は、6インチ中のCr(3N)ターゲットを用い、2.5インチのガラスの基板12上に11nmの厚さで形成した。このときのArガス圧は4mTorrであった。続いて、下地軟磁性膜16は、6インチ中のFe_xSi_y A_z(wt%)のターゲットを用い、Cr膜14上に520nmの厚さで形成した。このときのArガス圧は1mTorr、4mTorr、20mTorrの3種類であった。続いて、垂直磁化膜18は、Co_xCr_yTa_z(at%)のターゲットを用い、下地軟磁性膜16上に100nmの厚さで形成した。このとき、Arガス圧は4mTorrであり、基板温度は約400°Cであった。最後に、図示しないカーボン保護膜を垂直磁化膜18上に10nmの厚さでスパッタ成膜した。また、スパッタ成膜において、投入電力は0.5kw、Cr膜14及び垂直磁化膜18の成膜速度は3nm/s、下地軟磁性膜16の成膜速度は4nm/sであった。

【0018】また、Cr膜14の挿入の効果を調べるために、Cr膜なしの従来の垂直磁気記録媒体50(図14)も用意した。更に、垂直磁化膜厚依存性を調べるために、20~150nmの垂直磁化膜18と、4mTorrのArガス圧で成膜した下地軟磁性膜16とを有する垂直磁気記録媒体10も、別途用意した。

【0019】膜の結晶方位はX線回折によって調べた。Cr膜14、下地軟磁性膜16及び垂直磁化膜18の表面粗さは、原子間力顕微鏡(以下「AFM」という。)によって調べた。垂直磁気記録媒体10の保磁力は、カーリヒステリシス・トレーサによって測定した。再生記録特性は、記録用の単磁極ヘッドと、0.32μmのギャップ長及び2.7μmのトラック幅を有する再生用のMRヘッドとによって調べた。記録ヘッド及び再生ヘッドの浮上量は、それぞれ20nm及び45nmであった。媒体ノイズは、4.5MHz以上のノイズ・パワー・スペクトラムを積分し、シシム・ノイズを差し引くことによって計算した。媒体SN比は、孤立波が得られた領域での出力と、200kFRPIの記録密度での媒体ノイズとを用いて計算した。

【0020】図3は、Cr膜14及び下地軟磁性膜16、56についてのX線回折パターンを示すグラフである。以下、図1、図3及び図14に基づき説明する。

【0021】下地軟磁性膜16、56は、更に垂直磁化膜18を成膜した場合と同じ状態で、成膜後にチャンバ内でアニールした。下地軟磁性膜16のFeSiAl結晶はCr膜14のCr結晶と同じ結晶構造(bcc)を

持っており、それらの格子定数はほとんど同じである。
 1 m Torr 及び 4 m Torr で成膜された下地軟磁性膜16は、bcc結晶の結晶最密面である(110)回折の急峻なピークが観察された。Cr膜14のみでは、極めて薄い(11 nm)ので、(110)回折ピークはほとんど認められない。 20 m Torr での下地軟磁性膜16は、 1 m Torr 又は 4 m Torr でのものよりも(110)回折ピークが極めて弱かった。これは、低いArガス圧でのスパッタリングが、下地軟磁性膜16の結晶配向性の向上に効果があることを示している。ただし、 4 m Torr で成膜された下地軟磁性膜16.. 5
 10 6の(110)回折はあまり差がないので、Cr膜14の挿入は下地軟磁性膜16の結晶配向性にはほとんど関係がないと言える。

【0022】図4乃至図7は、各膜表面をAFMで測定した結果を示している。図4及び図5は、 4 m Torr で成膜された、Cr膜有りの下地軟磁性膜16及びCr膜無しの下地軟磁性膜56における、それぞれの表面を示す三次元グラフである。図6は、 4 m Torr で成膜された、Cr膜14、Cr膜有りの下地軟磁性膜16及びCr膜無しの下地軟磁性膜56における、それぞれの表面粗さを示す図表である。図7は、下地軟磁性膜16及び垂直磁化膜18における表面粗さのArガス圧依存性を示すグラフである。以下、図1、図4乃至図7及び図14に基づき説明する。

【0023】図4乃至図6によれば、Cr膜有りの下地軟磁性膜16は、Cr膜無しのものに比べて、より滑らかな表面になっていることがわかる。すなわち、Cr膜14の挿入は、下地軟磁性膜16の表面を滑らかにする作用がある。これは、下地軟磁性膜16がCr膜14の上でエピタキシャル成長しているためと考えられる。また、図7によれば、垂直磁化膜18の表面粗さと下地軟磁性膜16の表面粗さとに、強い相関関係があることを示している。換言すれば、表面の滑らかなCr膜14の挿入は、下地軟磁性膜16だけでなく垂直磁化膜18に対しても、表面を滑らかにする作用がある。

【0024】図8は、Cr膜有りの垂直磁気記録媒体10及びCr膜無しの垂直磁気記録媒体50における、媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。以下、図1、図8及び図14に基づき説明する。

【0025】以下、媒体ノイズをMN、規格化媒体ノイズをNMNと呼ぶことにする。このNMNは、それぞれの記録密度でのMNを、孤立波が得られる領域での再生出力で割ったものと定義する。図8から、Cr膜14を挿入すると、MNが顕著に減少することがわかる。Cr膜有りの垂直磁化膜18及びCr膜無しの垂直磁化膜58は、ほとんど同じ保磁力(2800 Oe)である。Cr膜有りの下地軟磁性膜16及びCr膜無しの下地軟磁性膜56は、同じ保磁力(150 Oe)である。Cr膜14の挿入は、前述のとおり下地軟磁性膜16の表面を

滑らかにする作用があるが、下地軟磁性膜16の結晶方位についてはほとんど何の作用もない(図3及び図7)。したがって、MNの減少は、主に下地軟磁性膜16の表面平滑性の向上によると言える。また、記録密度の増加に伴うMNの増加が認められた。この増加は、遷移ノイズを引き起す、表面における粒径の成長によるものと考えられる。

【0026】図9は、種々のArガス圧で成膜した下地軟磁性膜16についての、媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。以下、図1及び図9に基づき説明する。

【0027】 1 m Torr 又は 4 m Torr で成膜された下地軟磁性膜16を持つ垂直磁化膜18の保磁力は、 2800 Oe である。 20 m Torr で成膜された下地軟磁性膜16を伴う垂直磁化膜18の保磁力は、 2000 Oe である。 1 m Torr 、 4 m Torr 及び 20 m Torr で成膜された全ての下地軟磁性膜16の保磁力は、 15 Oe である。

【0028】低いAr圧で成膜された下地軟磁性膜16を持つ垂直磁気記録媒体10は、高いAr圧で成膜された下地軟磁性膜16を持つものよりも、たいへん低いMNを示す。このMNの減少は、下地軟磁性膜16の表面平滑性の向上によって引き起されたと考えられる。

【0029】図10は、媒体SN比のArガス圧依存性を示すグラフである。以下、図1、図10及び図14に基づき説明する。

【0030】低いAr圧で成膜された下地軟磁性膜16を持つ垂直磁気記録媒体10は、高いAr圧で成膜された下地軟磁性膜16を持つものよりも、媒体SN比が約 3 dB 高い。これは、 20 m Torr で成膜された下地軟磁性膜16を持つ垂直磁気記録媒体10は、 1 m Torr 又は 4 m Torr でスパッタされた下地軟磁性膜16を持つものに対して、大きなMNを示すが、再生出力電圧がほとんど同じであるためである。また、Cr膜有りの垂直磁気記録媒体10は、Cr膜無しの垂直磁気記録媒体50よりも、媒体SN比が約 3 dB 高い。

【0031】図11は、 $20\text{ nm} \sim 150\text{ nm}$ での膜厚の垂直磁化膜18についての、媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。図12は、 $20\text{ nm} \sim 150\text{ nm}$ での膜厚の垂直磁化膜18における保磁力を示す図表である。以下、図1、図11及び図12に基づき説明する。

【0032】全記録密度において、MNは垂直磁化膜18の膜厚の減少に従って減少した。 50 nm 厚を除き、記録密度の増加に伴うMNの増加が認められた。この 50 nm 厚は、遷移ノイズを引き起す、表面における粒径の成長を抑えるのに、十分な薄さであると考えられる。 20 nm 厚では、他の四つの膜厚の場合よりもかなり小さい保磁力を示すとともに、記録密度に依存しないかなり大きいNMNを示した。また、 20 nm 厚の垂直

磁化膜18における(001)回折のロッキング・カープは、あまりにも弱いので測定できなかった。これらのことから、20nm厚の垂直磁化膜18は、大部分が初期層から形成されていると考えられる。

【0033】図13は、媒体SN比の垂直磁化膜厚依存性を示すグラフである。以下、図1及び図13に基づき説明する。

【0034】媒体SN比は、垂直磁化膜18が50nmまで減少するに従い増加する。50nm厚の垂直磁化膜18を有する垂直磁気記録媒体10は、150nm厚の垂直磁化膜18を有するものよりも、4dB高い媒体SN比を示す。20nm厚の垂直磁化膜18を有する垂直磁気記録媒体10は、他のものよりも、格段に低い媒体SN比を示す。

【0035】このように、一定の膜厚までは、垂直磁化膜18の減少に伴い、再生出力電圧よりも速くMNが減少することにより、媒体SN比が増加する。しかし、垂直磁化膜18の膜厚に占める初期層の割合は、垂直磁化膜18の膜厚の減少に伴って大きくなる。そのため、垂直磁化膜18が上述した一定の膜厚よりも薄いとき、再生出力電圧が大幅に減少すると考えられる。すなわち、垂直磁化膜18初期層厚は少なくとも20nmである。

【0036】また、垂直磁化膜18の直下に、Ti膜や非磁性CoCr膜を挿入することにより、垂直磁化膜18の垂直配向性がより向上する。

【0037】

【発明の効果】本発明に係る垂直磁気記録媒体及びその製造方法によれば、基板と下地軟磁性膜との間にCr膜を挿入したことにより、下地軟磁性膜の表面平滑性を著しく向上できるので、垂直磁化膜の垂直配向性及び表面平滑性を向上できる。したがって、媒体ノイズを低下できるとともに、再生出力電圧の記録密度依存性を向上できる。

【0038】また、下地軟磁性膜と垂直磁化膜との間にTi膜又は非磁性CoCr膜を挿入することにより、垂直磁化膜の垂直配向性を更に向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る垂直磁気記録媒体の第一実施形態を示す概略断面図である。

10

* 【図2】本発明に係る垂直磁気記録媒体の第二実施形態を示す概略断面図である。

【図3】図1の垂直磁気記録媒体における、Cr膜及び下地軟磁性膜についてのX線回折パターンを示すグラフである。

【図4】図1の垂直磁気記録媒体における、下地軟磁性膜の表面を示す三次元グラフである。

【図5】図1の垂直磁気記録媒体における、下地軟磁性膜の表面を示す三次元グラフである。

【図6】図1及び図14の垂直磁気記録媒体における、Cr膜、Cr膜有りの下地軟磁性膜及びCr膜無しの下地軟磁性膜のそれぞれの表面粗さを示す図表である。

【図7】図1の垂直磁気記録媒体における、下地軟磁性膜及び垂直磁化膜の表面粗さのArガス圧依存性を示すグラフである。

【図8】図1及び図14の垂直磁気記録媒体における、媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。

【図9】図1の垂直磁気記録媒体における、種々のArガス圧で成膜した下地軟磁性膜についての、媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。

【図10】図1の垂直磁気記録媒体における、媒体SN比のArガス圧依存性を示すグラフである。

【図11】図1の垂直磁気記録媒体における、種々の膜厚の垂直磁化膜についての、媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。

【図12】図1の垂直磁気記録媒体における、種々の膜厚の垂直磁化膜についての保磁力を示す図表である。

【図13】図1の垂直磁気記録媒体における、媒体SN比の垂直磁化膜厚依存性を示すグラフである。

【図14】従来の垂直磁気記録媒体を示す概略断面図である。

【符号の説明】

10, 20 垂直磁気記録媒体

12 基板

14 Cr膜

16 下地軟磁性膜

18 垂直磁化膜

22 Ti膜又は非磁性CoCr膜

*

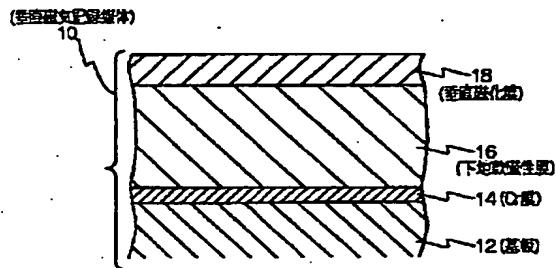
【図6】

	Cr	Cr有りFeSiAl	Cr無しFeSiAl
中心層平均粗さ Ra [nm]	0.49	0.49	0.88

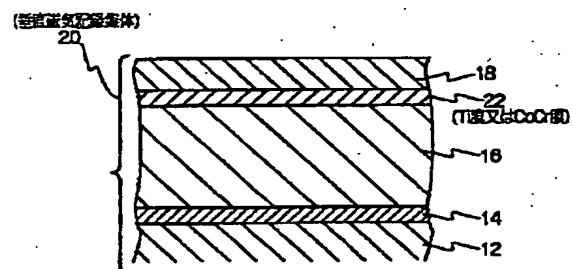
【図12】

CoxCr1-xTa3 膜厚 [nm]	20	50	75	100	150
保磁力 (kOe)	0.25	2.7	2.8	2.8	2.4

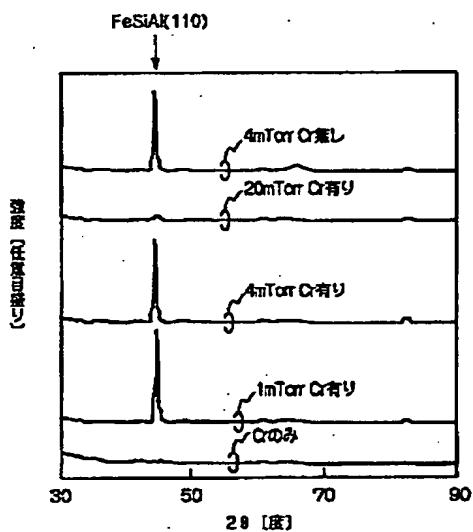
【図1】



【図2】



【図3】



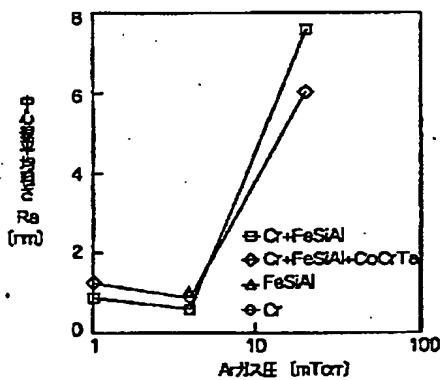
【図4】



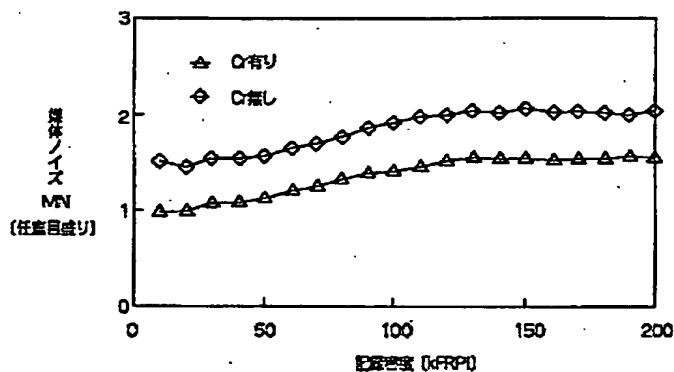
【図5】



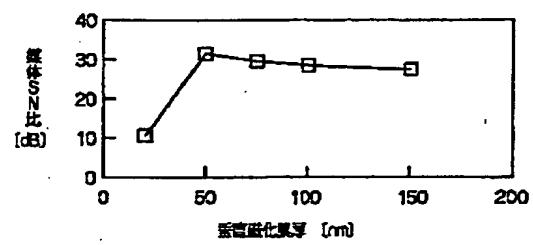
【図7】



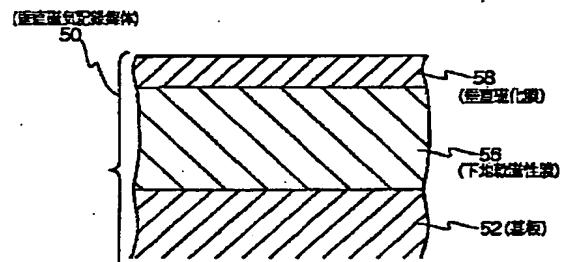
【図8】



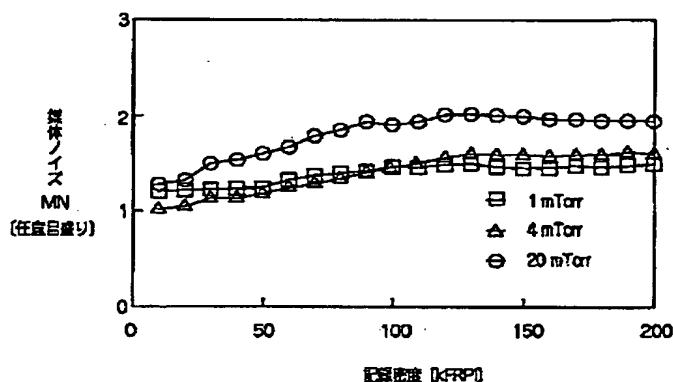
【図13】



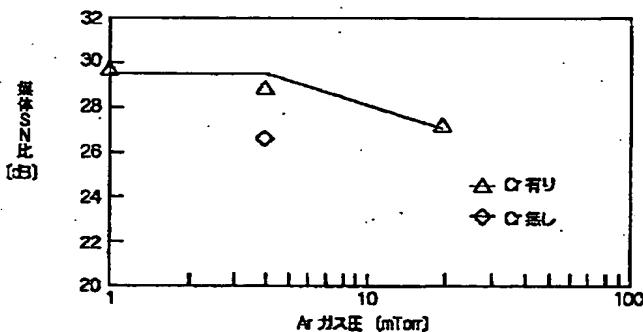
【図14】



【図9】



【図10】



【図11】

